

AUTOFOCUSING METHOD AND ULTRAVIOLET MICROSCOPE

Patent number: JP2003029138
Publication date: 2003-01-29
Inventor: NAGATA WATARU
Applicant: OLYMPUS OPTICAL CO LTD
Classification:
- **international:** G02B7/28; G02B7/36; G02B21/00
- **european:**
Application number: JP20010219999 20010719
Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP2003029138

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an autofocusing method which is capable of stably and efficiently detecting a focusing position under all conditions, and to provide a UV microscope.

SOLUTION: This autofocusing method has an objective optical system (13) for observing a sample (12), driving means (20) for adjusting the relative distance between the sample (12) and the objective optical system (13) and imaging means (17) for converting the optical image from the sample (12) formed by the objective optical system (13) to a video signal and detects the focusing position by using the data obtained from the video signal described above, in which the relative distance between the sample (12) and the objective optical system (13) is regulated to a range, where the video signal is obtainable and a contrast value is determined, after the video signal is subjected to smoothing processing, then the position, where the contrast value is maximum, is determined as the focusing position.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-29138
(P2003-29138A)

(43)公開日 平成15年 1月29日 (2003.1.29)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B	7/28	G 0 2 B 21/00	2 H 0 5 1
	7/36	7/11	N 2 H 0 5 2
	21/00		D
			J

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-219999(P2001-219999)

(22)出願日 平成13年 7月19日 (2001.7.19)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目43番 2号

(72)発明者 永田 渉

東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目43番 2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外 4 名)

Fターム(参考) 2H051 AA11 BA45 BA47 CB22 CE14
DA22 DA31

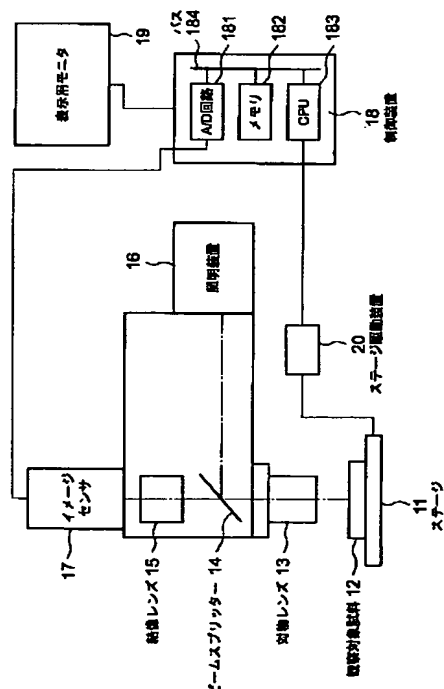
2H052 AA00 AC04 AC12 AD09 AD18
AF21 AF25

(54)【発明の名称】 自動合焦方法及び紫外線顕微鏡

(57)【要約】

【課題】あらゆる状況下で安定的に効率良く合焦位置を検出できる自動合焦方法及び紫外線顕微鏡を提供すること。

【解決手段】試料(12)を観察するための対物光学系(13)と、前記試料(12)と前記対物光学系(13)の相対的距離を調整するための駆動手段(20)と、前記対物光学系(13)によって形成された前記試料(12)からの光像を映像信号に変換する撮像手段(17)と、を備え、前記映像信号から得られるデータを用いて合焦位置を検出する自動合焦方法において、前記映像信号が得られる範囲に前記試料(12)と前記対物光学系(13)の相対的距離を調整し、前記映像信号に平滑化処理を施した上でコントラスト値を求め、そのコントラスト値が最大となる位置を合焦位置とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】試料を観察するための対物光学系と、前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、を備え、前記映像信号から得られるデータを用いて合焦位置を検出する自動合焦方法において、前記映像信号が得られる範囲に前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整し、前記映像信号に平滑化処理を施した上でコントラスト値を求め、そのコントラスト値が最大となる位置を合焦位置とすることを特徴とする自動合焦方法。

【請求項2】試料を観察するための対物光学系と、前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、を備え、前記映像信号から得られるデータを用いて合焦位置を検出する自動合焦方法において、前記映像信号が得られる範囲に前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整し、前記映像信号から求められるコントラスト値の増減判定と、前記映像信号から求められる分散値の増減判定とを組み合わせ、合焦位置を検出することを特徴とする自動合焦方法。

【請求項3】試料を観察するための紫外対物光学系と、前記試料と前記紫外対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記駆動手段による調整後、前記紫外対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、前記映像信号に平滑化処理を施した上でコントラスト値を求め、そのコントラスト値が最大となる位置を合焦位置とする制御手段と、を具備したことを特徴とする紫外線顕微鏡。

【請求項4】試料を観察するための紫外対物光学系と、前記試料と前記紫外対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記駆動手段による調整後、前記紫外対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、前記映像信号から求められるコントラスト値の増減判定と、前記映像信号から求められる分散値の増減判定とを組み合わせ、合焦位置を検出する制御手段と、を具備したことを特徴とする紫外線顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動合焦方法及び

紫外線顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】顕微鏡の自動合焦においては、一般的に、レーザを使用したアクティブ自動合焦方法が用いられている。

【0003】一方、映像信号を利用した自動合焦方法としては、画像中の隣接画素の輝度差を微分値として累積するコントラスト法や、輝度値の標準偏差を利用する方法が知られている。これらを応用した例として、特開平5-236315号公報では、隣接画素の微分値を数ライン分重ね合わせることによって得られる値をコントラスト指標値として使用し、観察対象物上のゴミや傷の影響を低減している。

【0004】また、特開平6-337357号公報では、焦点が合っている画像ほど輝度分布のばらつきが大きいとして、画像の輝度対頻度のヒストグラムから標準偏差を求めて、その値が最大となる位置を焦点位置としている。さらに、特開2000-266995号公報では、原画像とその画像をある位相分遅延させた画像の差とから輪郭成分を抽出して、画像中での最大値と最小値の差を検出することにより、ノイズの影響を受けないコントラストによる自動焦点方法を示している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、アクティブ自動合焦方法では、780nm等の長波長レーザを使用する必要があり、紫外光に特化した結像性能を持たせなければならない紫外線顕微鏡では、短波長光により高解像を得る光学性能に影響を及ぼすという問題を抱えている。

【0006】また、前述したような従来の映像信号による自動合焦方法では、観察対象物のパターン変化が多い低倍率観察や観察対象物のコントラストがはっきりしている観察に対しては有効であるが、視野中のパターン変化が少なくなる高倍率観察や低コントラスト画像の観察に対しては、ノイズ成分の影響を受けて合焦位置が誤検出されたり合焦位置を見つけたせない確率が高い。

【0007】特に、対物レンズと結像レンズの総合倍率が500倍のような高倍率になると、観察対象物によっては、視野中に現れるパターン変化が極わずかになる。そのため、自動焦点に利用するためのコントラスト値の変化が、画像の平坦部でのノイズ成分の変化の累積に比べて差別できなくなってしまう、コントラスト値が明確にピークとなる位置を検出するのが困難となる。

【0008】また、例えば保護膜がかかっている半導体ウエハのようなコントラストが低い画像では、着目すべき画像中のエッジ成分のコントラスト値の変化が非常に小さく、オフセット変化分に埋もれてしまい、コントラスト値が明確にピークとなる位置を検出するのが困難となる。

【0009】本発明の目的は、あらゆる状況下で安定的

に効率良く合焦位置を検出できる自動合焦方法及び紫外線顕微鏡を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】課題を解決し目的を達成するために、本発明の自動合焦方法及び紫外線顕微鏡は以下の如く構成されている。

【0011】（１）本発明の自動合焦方法は、試料を観察するための対物光学系と、前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、を備え、前記映像信号から得られるデータを用いて合焦位置を検出する自動合焦方法において、前記映像信号が得られる範囲に前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整し、前記映像信号に平滑化処理を施した上でコントラスト値を求め、そのコントラスト値が最大となる位置を合焦位置とする。

【0012】（２）本発明の自動合焦方法は、試料を観察するための対物光学系と、前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、を備え、前記映像信号から得られるデータを用いて合焦位置を検出する自動合焦方法において、前記映像信号が得られる範囲に前記試料と前記対物光学系の相対的距離を調整し、前記映像信号から求められるコントラスト値の増減判定と、前記映像信号から求められる分散値の増減判定とを組み合わせ、合焦位置を検出する。

【0013】（３）本発明の紫外線顕微鏡は、試料を観察するための紫外対物光学系と、前記試料と前記紫外対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記駆動手段による調整後、前記紫外対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、前記映像信号に平滑化処理を施した上でコントラスト値を求め、そのコントラスト値が最大となる位置を合焦位置とする制御手段と、から構成されている。

【0014】（４）本発明の紫外線顕微鏡は、試料を観察するための紫外対物光学系と、前記試料と前記紫外対物光学系の相対的距離を調整するための駆動手段と、前記駆動手段による調整後、前記紫外対物光学系によって形成された前記試料からの光像を映像信号に変換する撮像手段と、前記映像信号から求められるコントラスト値の増減判定と、前記映像信号から求められる分散値の増減判定とを組み合わせ、合焦位置を検出する制御手段と、から構成されている。

【0015】上記手段を講じた結果、それぞれ以下のような作用を奏する。

【0016】（１）本発明の自動合焦方法によれば、自動合焦を得るためにサンプリングしたデータに対して前もって辺縁部を保つ種の平滑化処理を行なうことにより、コントラスト値の計算を行なう際に、画像中の観察

対象物のコントラスト変化を残しながら、ノイズ成分による輝度変化分が除外され、コントラスト値が最大となる明確なピークを得ることができる。

【0017】（２）本発明の自動合焦方法によれば、コントラスト値の増減判定と分散値の増減判定とを組み合わせることにより、合焦動作が合焦方向に向かっているのか反対方向に向かっているかの判断を安定的に行なうことができる。

【0018】（３）本発明の紫外線顕微鏡によれば、自動合焦を得るためにサンプリングしたデータに対して前もって辺縁部を保つ種の平滑化処理を行なうことにより、コントラスト値の計算を行なう際に、画像中の観察対象物のコントラスト変化を残しながら、ノイズ成分による輝度変化分が除外され、コントラスト値が最大となる明確なピークを得ることができる。

【0019】（４）本発明の紫外線顕微鏡によれば、コントラスト値の増減判定と分散値の増減判定とを組み合わせることにより、合焦動作が合焦方向に向かっているのか反対方向に向かっているかの判断を安定的に行なうことができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0021】（第１の実施の形態）図１は、本発明の第１の実施の形態に係る自動合焦方法を適用した顕微鏡の構成を示すブロック図である。

【0022】図１において、Ｚ軸方向に移動可能なステージ１１には、観察対象試料１２が載置されている。対物レンズ１３の観察光軸上には、ビームスプリッタ１４、結像レンズ１５、及びイメージセンサ１７が配置されている。また、照明装置１６は、その照明光軸がビームスプリッタ１４にて前記観察光軸と直交するように配置されている。

【0023】制御装置１８は、Ａ／Ｄ変換回路１８１、メモリ１８２、及びＣＰＵ１８３を備えており、これらはバス１８４に接続されている。ＣＰＵ１８３は、ステージ駆動装置２０を介してステージ１１に接続されており、Ａ／Ｄ変換回路１８１はイメージセンサ１７に接続されている。また、制御装置１８には表示用モニタ１９が接続されている。

【0024】図１において、照明装置１６から発せられた照明光は、ビームスプリッタ１４によって反射され、対物レンズ１３を通過して、観察対象試料１２に照射される。その照射に伴って、観察対象試料１２からの反射画像が、対物レンズ１３、ビームスプリッタ１４、及び結像レンズ１５を介して、イメージセンサ１７上に投影される。

【0025】投影された画像は、イメージセンサ１７によって電気信号に変換されて、制御装置１８内のＡ／Ｄ変換回路１８１によってデジタル信号に置き換えられ、

バス184を介してメモリ182に格納される。メモリ182に格納された画像は、表示用モニタ19に表示される。

【0026】CPU183は、メモリ182に格納された画像データから、指定した領域のデータを抽出して、コントラスト指標を求める評価演算を行なう。CPU183は、評価演算の結果に基づいて、図示しないシリアル通信端子を介してステージ駆動装置20へ制御信号を送り、ステージ駆動装置20によりステージ11を上下方向（観察光軸方向）に移動させることにより、観察試料12と対物レンズ13の相対距離を変化させて焦点位置を得る。

【0027】図2は、上記のように構成された顕微鏡の合焦動作の手順を示すフローチャートである。以下、図2を基に合焦動作の手順を説明する。操作者により図示しない操作部から動作開始が指示されると、ステップS1で、CPU183はステージ1を上方向（+Z）へ移動させ、指定された開始位置に位置させる。ステップS2で、CPU183は、前記開始位置でイメージセンサ17により撮像された観察対象試料12の画像を、A/D変換回路181を介してメモリ182に保管する。

【0028】ステップS3で、CPU183はメモリ182に保管された画像から、指定されたサンプリングライン上の所定のn画素分の画像データD1～Dnを抽出する。サンプリングラインは、例えば、画面中央部で交差する一定幅の水平線と垂直線で設定される。

【0029】ステップS4で、CPU183は、画像データD1～Dnの中の互いに隣接する3画素の画像データDi-1、Di、Di+1のうち、その輝度値が3画素の中央値となる画像データをMiとする。CPU183は、画像データMiをサンプリングラインに沿って1画素ずつずらして（i=1, 2, …）順次求めた後、各中央の画像データDiを、それぞれ求めた画像データMiに置き換える。ステップS5で、CPU183は、これら置き換えられた各画像データにより、該ステージ位置でのコントラスト指標値Czを求める。

【0030】ステップS6で、CPU183は、次の画像データを取得すべきステージ11のZ座標を計算し、ステップS7で、そのZ座標が探索範囲内であるか否かの判断をする。ここで探索範囲内であれば、ステップS1に戻って上記処理を繰り返し、探索範囲を超えていれば、ステップS8で、CPU183はコントラスト指標値Czが最大となったZ座標へステージ11を移動させ、一連の合焦動作処理を終了する。このように、ステージ11を上下に移動させながら、各位置でコントラスト指標値を求め、最大となる位置を探す処理を行なう。

【0031】通常の自動合焦では、画面中央に着目するため、画面中央部の画像データに重みを置くようにサンプリングラインが配置される。しかし、サンプリングラインを画面中央部だけでなく画面内に複数設定して合計

してもよいし、ラインではなくエリアとしてもよい。

【0032】このようにして求められたコントラスト指標値は、ノイズ成分によるふらつきが除去され、合焦位置におけるコントラスト指標値と焦点が外れた位置でのコントラスト指標値の相対差がつきやすくなる。

【0033】図3は、比較的コントラストのある画像において、試料と対物レンズの相対距離に対するコントラスト指標値の関係をグラフにした図である。図3において、61は上述の合焦動作手順で示した平滑化処理を施した上でコントラスト指標値を算出したデータであり、62は平滑化処理無しでコントラスト指標値を算出したデータである。コントラスト指標値の算出には、隣接する画像データの輝度差を用いている。

【0034】62のデータでも、合焦位置となるべきピーク位置の算出は可能であるが、61のデータでは、合焦位置でのデータと焦点を外れた位置でのデータとの差が明確になり、誤判定の可能性は低くなることが分かる。

【0035】図4は、コントラストが低い画像において、試料と対物レンズの相対距離に対するコントラスト指標値の関係をグラフにした図である。図4において、63は上述の平滑化処理を施した上でコントラスト指標値を算出したデータであり、64は平滑化処理無しでコントラスト指標値を算出したデータである。コントラスト指標値の算出には、隣接する画像データの輝度差を用いている。

【0036】64のデータでは、合焦位置となるべきピーク位置の算出が難しく、誤判定してしまう可能性があるが、前処理として平滑化処理を施した63では、合焦位置におけるピークデータと焦点が外れた位置でのデータとを明確に区別でき、合焦位置の安定した判定を行なうことができる。

【0037】本第1の実施の形態によれば、コントラスト指標値を算出する前に、各画素のデータを隣接する画素との中央値に置き換えることによって、画像中のエッジ部分のコントラスト情報を保ちながら、画像の平坦部におけるノイズ成分の影響を取り除くことができる。これにより、パターン変化が少ない画像やコントラストが低い画像において、自動合焦のために抽出すべき情報だけを際立たせることができる。

【0038】また、本第1の実施の形態では隣り合う三つの画素の中央値を取っているが、ラインでサンプリングしている場合は隣接する5画素等でもよいし、エリアでサンプリングしている場合は隣接する3×3画素等でもよい。また、画素データの置き換えは、中央値でなくとも辺縁部を保つ種の平滑化処理であればよい。例えば、一つの画素と隣接する画素の輝度の平均値を求めて、前記一つの画素とその平均値の差が閾値を超える場合のみ、前記一つの画素のデータを前記平均値に置き換えるような方法であってもよい。

【0039】（第2の実施の形態）本第2の実施の形態に係る自動合焦方法を適用した顕微鏡の構成は、上記第1の実施の形態と同じである。

【0040】図5は、本第2の実施の形態における顕微鏡の合焦動作の手順を示すフローチャートである。以下、図5を基に合焦動作の手順を説明する。操作者により図示しない操作部から動作開始の指示が出されると、ステップS11で、CPU183はステージ1を移動させ、指定位置（動作開始時は、所定の開始位置）に位置させる。ステップS12で、CPU183は、前記指定位置でイメージセンサ17により撮像された観察対象試料12の画像を、A/D変換回路181を介してメモリ182に保管する。

【0041】ステップS13で、CPU183は、メモリ182に保管された画像から、指定されたサンプリングライン上のコントラスト指標値Czを計算し、ステップ14で、CPU183はメモリ182に保管された画像から、前記サンプリングライン上の画像データの分散値Dzを計算する。

【0042】ステップS15で、CPU183は、前記コントラスト指標値Czを前回のステージ11の位置（Z座標）でのコントラスト指標値Cz-1と比較して、その結果減少している場合には（Cz-1>Cz）、ステップS18で、減少フラグを一つセットする。

【0043】また、前記ステップS15で、減少しておらず（Cz-1≤Cz）、ステップS16で、前回のステージ11の位置（Z座標）で減少フラグがセットされている場合には、ステップS17で、CPU183は、前記分散値Dzを前回のステージ11の位置（Z座標）での分散値Dz-1と比較して、その結果減少している場合には（Dz-1>Dz）、ステップS18で、減少フラグを一つセットする。

【0044】前記ステップS18で、減少フラグをセットした後、または、前記ステップS16で、前回のステージ11の位置（Z座標）で減少フラグがセットされていない場合、または、前記ステップS17で、減少していない場合（Dz-1≤Dz）には、ステップS19で、CPU183は、セットされた減少フラグの数を算出する。そして、指定個数N（例えば2～4）に満たない場合には、ステップS20で、CPU183はステージ11の移動方向（下方向、-Z）を保持して次の指定位置（Z座標）を計算し、全ての減少フラグを解除し、ステップS11に戻って上記処理を繰り返す。

【0045】また、前記ステップS19で、減少フラグの数が指定個数N以上である場合には、ステップS21で、CPU183はステージ11の移動方向を反転して（上方向、+Z）、ステップS22で、次の指定位置（Z座標）を計算し、ステップS23で、CPU183はステージ1を上方向（+Z）へ移動させ、指定位置に位置させる。ステップS24で、CPU183は、前記

指定位置でイメージセンサ17により撮像された観察対象試料12の画像を、A/D変換回路181を介してメモリ182に保管する。

【0046】ステップS25で、CPU183は、メモリ182に保管された画像から、指定されたサンプリングライン上のコントラスト指標値Czを計算し、ステップ26で、CPU183はメモリ182に保管された画像から、前記サンプリングライン上の画像データの分散値Dzを計算する。

【0047】ステップS27で、CPU183は、前記コントラスト指標値Czを前回のステージ11の位置（Z座標）でのコントラスト指標値Cz-1と比較して、その結果減少している場合には（Cz-1>Cz）、ステップS30で、減少フラグを一つセットする。

【0048】また、前記ステップS27で、減少しておらず（Cz-1≤Cz）、ステップS28で、前回のステージ11の位置（Z座標）で減少フラグがセットされている場合には、ステップS29で、CPU183は、前記分散値Dzを前回のステージ11の位置（Z座標）での分散値Dz-1と比較して、その結果減少している場合には（Dz-1>Dz）、ステップS30で、減少フラグを一つセットする。

【0049】前記ステップS30で、減少フラグをセットした後、または、前記ステップS28で、前回のステージ11の位置（Z座標）で減少フラグがセットされていない場合、または、前記ステップS29で、減少していない場合（Dz-1≤Dz）には、ステップS31で、CPU183は、セットされた減少フラグの数を算出する。そして、指定個数N（例えば2～4）に満たない場合には、ステップS32で、CPU183はステージ11の移動方向（+Z）を保持して次の指定位置（Z座標）を計算し、ステップS23に戻って上記処理を繰り返す。

【0050】また、前記ステップS31で、減少フラグの数が指定個数N以上である場合には、ステップS33で、CPU183はコントラスト指標値の最大値を得た位置にステージ11を移動させて一連の合焦動作を終了する。

【0051】なお、上記ステップS22～S33の処理は、最初の減少フラグがセットされた位置（Z座標）にステージ11を戻した上で行なってもよい。あるいは、ステップS19で、減少フラグの数が指定個数N以上である場合に一連の合焦動作処理を終了し、コントラスト指標値がピークとなった位置（その前後でコントラスト指標値が減少している）へステージ11を移動させてもよい。

【0052】また、減少フラグが連続してセットされなかった回数を監視して、指定回数以上セットされなかった場合は、まだ合焦位置に向かっていると見なし、減少フラグがセットされた時点で、合焦位置を通過したと見

なしてコントラスト指標値がピークとなった位置へステージ11を位置させ、一連の合焦動作処理を終了するようにしてもよい。なお、本第2の実施の形態において、コントラスト指標値は上記第1の実施の形態と同様の方法で算出する。

【0053】図6は、試料と対物レンズの相対距離に対する、コントラスト指標値の関係、及び分散値データの関係をグラフにした図である。図6において、81はコントラスト指標値であり、82は分散値データである。画像の焦点が合うほど、大局的にはコントラスト指標値、分散値ともに大きくなるが、一定間隔（Z方向）毎に取った画像間では、ノイズの状態等により増減状況は必ずしも連動しない。以下、図6を基に焦点探索手順の一例を説明する。

【0054】図6において、A4は焦点探索の開始位置（-200）のコントラスト指標値で、ステージ11の初期移動方向が下方向（-Z）の場合、次のステージ11のZ位置（-300）でのコントラスト指標値はA5となる。ここでは、 $A5 < A4$ となるため、A5のデータを持つZ位置（-300）では減少フラグが設定され、ステージ11が焦点から離れる方向へ向かっていると認識される。

【0055】次に、同じ間隔分さらにステージ11を下方向へ移動して、A6のデータを得る。ここでは $A6 > A5$ となるが、A5の位置において減少フラグが設定されているため、分散値データB6を一つ前のデータB5と比較する。その結果減少しているため、ここでもステージ11が焦点から離れる方向へ向かっていると見なし、減少フラグが設定される。そして、A6において偶発的に低いコントラスト指標値が出た結果をそのまま使用しないようにして、合焦位置へ方向を誤認識しないようにする。

【0056】指定個数Nが2に設定されている場合、ここで減少フラグが2回連続して設定されたため、例えばステージ11を焦点探索の開始位置（-200）から1間隔上方向のZ位置（-100）に移動し、データA3を得る。さらにステージ11を指定間隔ずつ上方向へ移動してデータA2、A1、A0を得て、A0を得た時点で減少フラグが2回連続して設定されたため、焦点探索動作を停止させて、最大値A2を得たZ位置（0）にステージ11を移動させて終了する。

【0057】本第2の実施の形態によれば、異なる性質の指標を同時に監視することによって、照明光量のゆらぎやノイズの影響を受けにくくなり、焦点探索が焦点方向に進んでいるか、あるいは焦点から外れる方向に進んでいるかについて、効率的かつ安定的に判断することができ、ステージ11を合焦位置に導く時間を抑えることができる。また、第1の実施の形態で示した平滑化処理を行なった後に本第2の実施の形態の自動合焦方法を実施することで、より安定した合焦が実現できる。

【0058】（第3の実施の形態）図7は、本発明の第3の実施の形態に係る自動合焦方法を適用した紫外線顕微鏡の構成を示すブロック図である。図7において図1と同一な部分には同符号を付してある。なお、紫外線顕微鏡とは、深紫外線を含む紫外領域の光を観察用の照明光とする顕微鏡である。図7に示す紫外線顕微鏡では、第1の実施の形態または第2の実施の形態で説明した自動合焦方法が適用される。

【0059】図7において、Z軸方向に移動可能なステージ11には、観察対象試料12が載置されている。紫外対物レンズ131の観察光軸上には、ビームスプリッタ14、結像レンズ15、及び紫外光イメージセンサ171が配置されている。また、照明装置16は、その照明光軸が紫外光フィルタ30を介してビームスプリッタ14にて前記観察光軸と直交するよう配置されている。

【0060】制御装置18は、A/D変換回路181、メモリ182、及びCPU183を備えており、これらはバス184に接続されている。CPU183は、ステージ駆動装置20を介してステージ11に接続されており、A/D変換回路181は紫外光イメージセンサ171に接続されている。また、制御装置18には表示用モニタ19が接続されている。

【0061】図7において、照明装置16から発せられた照明光は、紫外光フィルタ30により紫外光のみが透過されて、ビームスプリッタ14によって反射され、紫外対物レンズ131を通して、観察対象試料12に照射される。その照射に伴って、観察対象試料12からの反射画像が、紫外光対物レンズ131、ビームスプリッタ14、及び結像レンズ15を介して、紫外光イメージセンサ171上に投影される。

【0062】投影された画像は、紫外光イメージセンサ171によって電気信号に変換されて、制御装置18内のA/D変換回路181によってデジタル信号に置き換えられ、バス184を介してメモリ182に格納される。メモリ182に格納された画像は、表示用モニタ19に表示される。

【0063】CPU183は、メモリ182に格納された画像データから、指定した領域のデータを抽出して、コントラスト指標を求める評価演算を行なう。CPU183は、評価演算の結果に基づいて、図示しないシリアル通信端子を介してステージ駆動装置20へ制御信号を送り、ステージ駆動装置20によりステージ11を上下方向（観察光軸方向）に移動させることにより、観察試料12と紫外対物レンズ131の相対距離を変化させて焦点位置を得る。

【0064】一般に紫外線顕微鏡は、短波長光による結像性能を発揮させるために、250nm前後において収差が最適に補正されるよう設計されなければならない。ところが、一般にアクティブ自動焦点に使用されるレーザの波長はそれよりも長波長となるため、レーザ波長も

考慮した光学設計をした場合には、紫外線での結像性能に少なからず影響を及ぼす。

【0065】しかし、図7のように構成された紫外線顕微鏡では、紫外線での結像性能を最大限発揮させることができる上で、自動合焦を行なうことができる。また、紫外線顕微鏡では、光学倍率を200倍から500倍程度として観察をするため、観察対象によっては、1視野内でのパターン変化が少ない場合があるが、このような画像においても、安定的に効率良く動作する自動焦点方法を提供することができる。

【0066】なお、本発明は上記各実施の形態のみに限定されず、要旨を変更しない範囲で適宜変形して実施できる。

【0067】

【発明の効果】本発明によれば、あらゆる状況下で安定的に効率良く合焦位置を検出できる自動合焦方法及び紫外線顕微鏡を提供できる。すなわち、観察対象のパターン変化が少なくなりがちな高倍率観察や、観察試料のコントラストが低い場合の観察に適用できる簡易かつ安定した自動合焦機能を提供することができる。特に、紫外線顕微鏡のように光学設計がアクティブAFのレーザ波長と合わないような場合においても、光学性能を犠牲にすることなく、簡易に自動合焦を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る自動合焦方法を適用した顕微鏡の構成を示すブロック図。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る顕微鏡の合焦動作の手順を示すフローチャート。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る試料と対物レンズの相対距離に対するコントラスト指標値の関係をグ

ラフにした図。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る試料と対物レンズの相対距離に対するコントラスト指標値の関係をグラフにした図。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係る顕微鏡の合焦動作の手順を示すフローチャート。

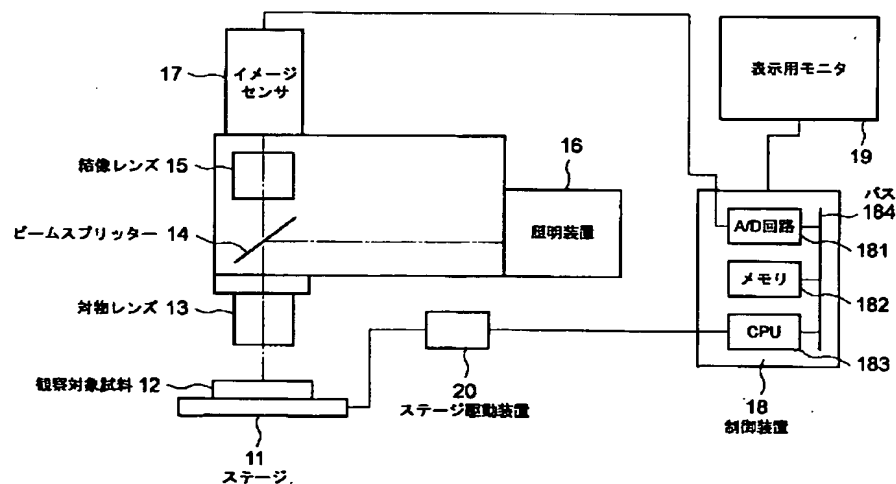
【図6】本発明の第2の実施の形態に係る試料と対物レンズの相対距離に対する、コントラスト指標値の関係、及び分散値データの関係をグラフにした図。

【図7】本発明の第3の実施の形態に係る自動合焦方法を適用した紫外線顕微鏡の構成を示すブロック図。

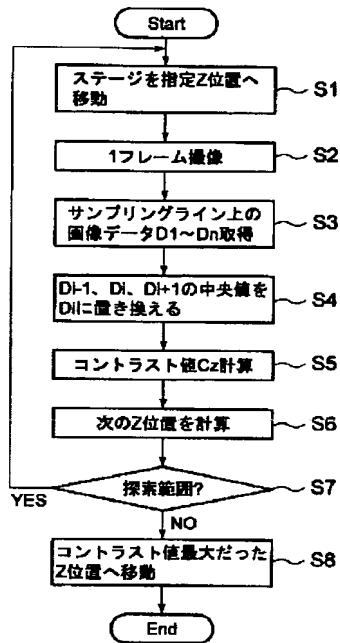
【符号の説明】

- 11…ステージ
- 12…観察対象試料
- 13…対物レンズ
- 131…紫外対物レンズ
- 14…ビームスプリッタ
- 15…結像レンズ
- 16…照明装置
- 17…イメージセンサ
- 171…紫外光イメージセンサ
- 18…制御装置
- 181…A/D変換回路
- 182…メモリ
- 183…CPU
- 184…バス
- 19…表示用モニタ
- 20…ステージ駆動装置
- 30…紫外光フィルタ

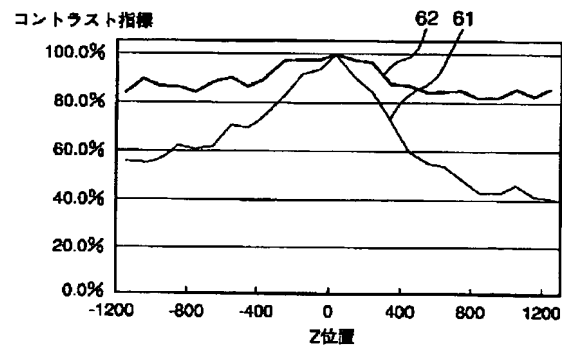
【図1】



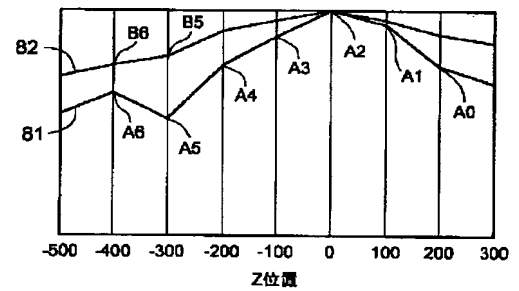
【図 2】



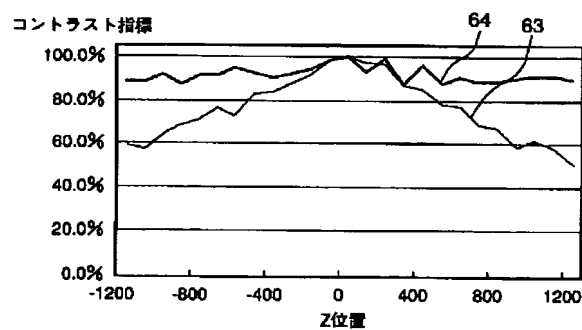
【図 3】



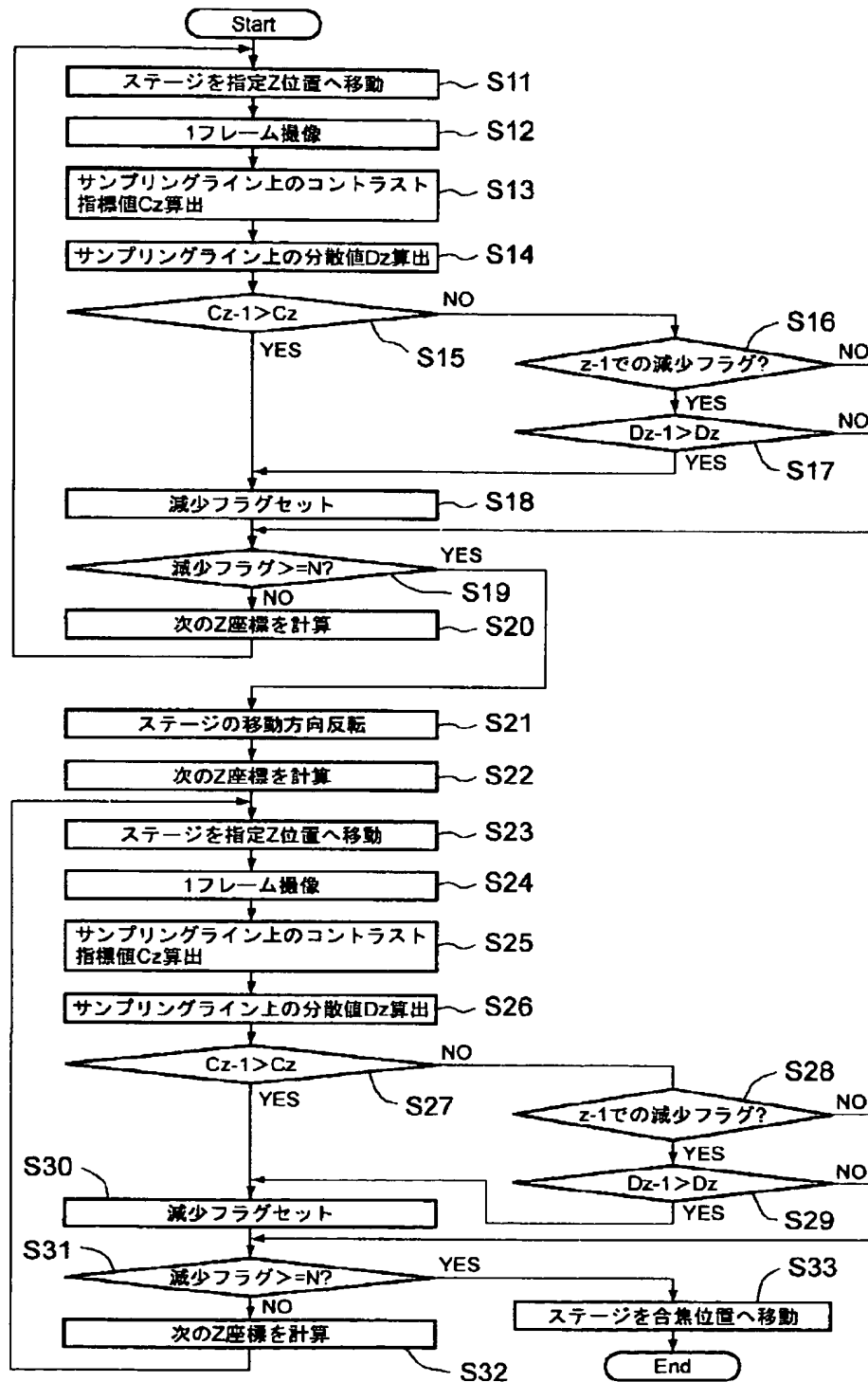
【図 6】



【図 4】



【図5】



【図7】

